

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-143611

(43) 公開日 平成9年(1997)6月3日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 A 3 0 1 W
38/06			38/06	
38/12			38/12	

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-325278

(22) 出願日 平成7年(1995)11月21日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 河野 治

大分市大字西ノ州1番地 新日本製鐵株式  
会社大分製鐵所内

(72) 発明者 脇田 淳一

大分市大字西ノ州1番地 新日本製鐵株式  
会社大分製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 田中 久喬

(54) 【発明の名称】 成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延

高強度銅板

(57) 【要約】

【課題】 成形性、疲労特性及び耐熱軟化性の3つの優れた性質を兼ね備えた熱延高強度銅板を提供することを課題とする。

【解決手段】  $C=0.001\sim0.20$ 重量%、 $Si=0.5\sim5.0$ 重量%、 $Mn=0.1\sim3.5$ 重量%、 $Al=0.003\sim0.06$ 重量%、 $P\leq 0.05$ 重量%、 $S\leq 0.01$ 重量%および残部Feを含有し、かつ、

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

つ、 $Si$ 重量%、 $Mn$ 重量%が下式(1)を満たし、ミクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径( $d$ :mm)が下式(1)を満たすことを特徴とする成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度銅板

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】化学成分としてC=0.001~0.20重量%、Si=0.5~5.0重量%、Mn=0.1~3.5重量%、Al=0.003~0.06重量%、P≤0.05重量%、S≤0.01重量%および残部Feを含有し、かつ、Si重量%、Mn重量%が下式(1)を満たし、

ミクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロピッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径(d:mm)が下式(1)を満たし、

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

【請求項2】化学成分としてC=0.001~0.20重量%、Si=0.5~5.0重量%、Mn=0.1~3.5重量%、Al=0.003~0.06重量%、Ca=0.0005~0.01重量%又はREM=0.005~0.05重量%、P≤0.05重量%、S≤0.01重量%および残部Feを含有し、かつ、Si重量%、Mn重量%が下式(1)を満たし、

ミクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロピッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径(d:mm)が下式(1)を満たし、

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

【請求項3】化学成分としてC=0.001~0.20重量%、Si=0.5~5.0重量%、Mn=0.1~3.5重量%、Al=0.003~0.06重量%、Nb=0.005~0.015重量%、P≤0.05重量%、S≤0.01重量%および残部Feを含有し、かつ、Si重量%、Mn重量%が下式(1)を満たし、ミクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロピッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径(d:mm)が下式(1)を満たし、

特性として

★

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はホイール、メンバー等の自動車部品、産業用機械部品に使用するに適した成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】自動車用鋼板の軽量化と衝突時の安全確保を主な背景として、高強度鋼板の需要が増大している。しかし、高強度鋼板といえども、その成形性に対する要求は厳しく、優れた成形性を有する高強度鋼板が望

\*特性として

強度・全伸びバランス(引張強さMPa×全伸び%)≥18000、

強度・均一伸びバランス(引張強さMPa×均一伸び%)≥12000、

強度・穴抜け比バランス(引張強さMPa×穴抜け比)≥900、

疲労限度比≥0.50、

疲労限≥250(MPa)、

10 熱軟化量≤55(MPa)、

を具備する成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板

※特性として

強度・全伸びバランス(引張強さMPa×全伸び%)≥18000、

強度・均一伸びバランス(引張強さMPa×均一伸び%)≥12000、

強度・穴抜け比バランス(引張強さMPa×穴抜け比)≥900、

20 疲労限度比≥0.50、

疲労限≥250(MPa)、

熱軟化量≤55(MPa)、

を具備する成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板

★強度・全伸びバランス(引張強さMPa×全伸び%)≥18000、

強度・均一伸びバランス(引張強さMPa×均一伸び%)≥12000、

強度・穴抜け比バランス(引張強さMPa×穴抜け比)≥900、

疲労限度比≥0.50、

疲労限≥250(MPa)、

熱軟化量≤55(MPa)、

を具備する成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板

40 まれている。さらに高強度化に伴う軽量化(板厚減少)による疲労強度不足が顕在化してきており、優れた成形性のみならず、優れた疲労特性をも兼ね備えた高強度鋼板が強く望まれている。また、車体組立手段として溶接が多用されており、耐熱軟化性を有することも必要である。すなわち、成形性、疲労特性及び耐熱軟化性の3つの特性を同時に満たすことが要求されている。

【0003】従来、耐熱軟化性が要求される高強度部材(例えばホイールリム)にはNb添加鋼(Nbを0.04%程度含有し、フェライトとベイナイトで主に構成される)が主に用いられてきた。しかし、Nb添加鋼は成

3

形性が劣り、ホイールリム成形度に不都合が発生する場合がある。例えば、均一伸び不足に起因する捲き工程での寸法不具合である。一方、優れた成形性と疲労特性を有する鋼板としてはDP鋼（フェライトとマルテンサイトで主に構成される）、 $\gamma$ 鋼（フェライト、ベイナイト及び残留オーステナイトで主に構成される）に代表される低温変態生成物を活用した鋼が知られているが、低温変態生成物が焼き戻されるため、熱軟化が大きい。すなわち、従来技術では成形性、疲労特性及び耐熱軟化性の3つの特性を同時に満足するものが得られていないのが実状である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記問題を解決して、成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板を提供することを課題とするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記した課題を達成するため、以下に示す事項を手段とする。

(1) 化学成分としてC=0.001~0.20重量%

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

(2) 化学成分としてC=0.001~0.20重量%、Si=0.5~5.0重量%、Mn=0.1~3.5重量%、Al=0.003~0.06重量%、Ca=0.0005~0.01重量%又はREM=0.005~0.05重量%、P $\leq$ 0.05重量%、S $\leq$ 0.01重量%および残部Feを含有し、かつ、Si重量%、Mn重量%が下式(1)を満たし、マイクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径(d:mm)が下式(1)を満たし、特性として

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

(3) 化学成分としてC=0.001~0.20重量%、Si=0.5~5.0重量%、Mn=0.1~3.5重量%、Al=0.003~0.06重量%、Nb=0.005~0.015重量%、P $\leq$ 0.05重量%、S $\leq$ 0.01重量%および残部Feを含有し、かつ、Si重量%、Mn重量%が下式(1)を満たし、マイクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径(d:mm)が下式(1)を満たし、特性として

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

本発明者らは種々の実験検討を重ねた結果、特定範囲に成分組成を調整した低炭素鋼において、第一相である微細フェライト(占積率 $\geq$ 50%)中にフェライトとの硬

4

\*%、Si=0.5~5.0重量%、Mn=0.1~3.5重量%、Al=0.003~0.06重量%、P $\leq$ 0.05重量%、S $\leq$ 0.01重量%および残部Feを含有し、かつ、Si重量%、Mn重量%が下式(1)を満たし、マイクロ組織として第一相であるフェライトと第二相で構成され、フェライト占積率が50%以上、かつ、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比(第二相硬さ/フェライト硬さ)が1.5以下、かつ、フェライト粒径(d:mm)が下式(1)を満たし、特性として

強度・全伸びバランス(引張強さMPa $\times$ 全伸び%) $\geq$ 18000、

強度・均一伸びバランス(引張強さMPa $\times$ 均一伸び%) $\geq$ 12000、

強度・穴抜け比バランス(引張強さMPa $\times$ 穴抜け比) $\geq$ 900、

疲労限度比 $\geq$ 0.50、

疲労限 $\geq$ 250(MPa)、

熱軟化量 $\leq$ 55(MPa)、

を具備する成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

※強度・全伸びバランス(引張強さMPa $\times$ 全伸び%) $\geq$ 18000、

強度・均一伸びバランス(引張強さMPa $\times$ 均一伸び%) $\geq$ 12000、

強度・穴抜け比バランス(引張強さMPa $\times$ 穴抜け比) $\geq$ 900、

疲労限度比 $\geq$ 0.50、

疲労限 $\geq$ 250(MPa)、

熱軟化量 $\leq$ 55(MPa)、

を具備する成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

★強度・全伸びバランス(引張強さMPa $\times$ 全伸び%) $\geq$ 18000、

強度・均一伸びバランス(引張強さMPa $\times$ 均一伸び%) $\geq$ 12000、

強度・穴抜け比バランス(引張強さMPa $\times$ 穴抜け比) $\geq$ 900、

疲労限度比 $\geq$ 0.50、

疲労限 $\geq$ 250(MPa)、

熱軟化量 $\leq$ 55(MPa)、

を具備する成形性及び疲労特性に優れた耐熱軟化性を有する熱延高強度鋼板

$$38.9 \times (Si + 0.38 \times Mn) + 4.6 \times d^{-1/2} > 52 \dots (1)$$

度差が小さい第二相を微細分散させ、Si添加量、Mn添加量、フェライト粒径が特定の関係を満たすように調整することにより、従来技術が持つ問題点を解消し、成

形性、疲労特性及び耐熱軟化性の3つの特性を同時に達成できることを見だし、本発明に到った。

【0006】まず、本発明の鋼板マイクロ組織について詳述する。

【0007】鋼板マイクロ組織は第一相であるフェライトと第二相で構成される（以下、第一相であるフェライトは、フェライトと称す）。フェライト占積率は50%以上（好ましくは70%以上）、かつ、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比（第二相硬さ／フェライト硬さ）は1.5以下（好ましくは1.2以下）、かつ、フェライト粒径（ $d$ :mm）が下記（1）を満たすものである。フェライト占積率が50%未満、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比（第二相硬さ／フェライト硬さ）が1.5超となると、鋼板の諸特性に及ぼす第二相の寄与が大きくなり、優れた成形性（強度・全伸びバランス、強度・均一伸びバランス、強度・穴抜け比バランス）、優れた疲労限度比及び優れた耐熱軟化性を併せ持つことが不能となる。また、図1に示すようにフェライト粒径（ $d$ :mm）が前記（1）式を満たさないと優れた疲労限（ $\geq 250$ MPa）が得られない。好ましくは疲労限 $\geq 300$ （MPa）を達成すべく、前記（1）式の右辺は102とすることが望ましい。さらに、低温靱性確保、肌荒れ防止の観点からもフェライト粒径は細かい方が望ましいため、好ましくは $40\mu\text{m}$ を上限とする。

【0008】なお、第二相とは、パーライト、ベイナイト、マルテンサイト、セメンタイト、残留オーステナイト及びそれらの焼戻し組織の1種ないしは2種以上のいずれであってもマイクロビッカース硬さ比（第二相硬さ／フェライト硬さ） $\geq 1.5$ を満足していればよい。すなわち、本発明は第二相の種類を限定するものではない。また、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比（第二相硬さ／フェライト硬さ）が1.5超であっても、その占積率が5%未満であれば鋼板特性に及ぼす第二相の寄与は小さいため、含有してもよい。

【0009】次に、化学成分の規制値とその制限理由を説明する。（以下、%は重量%を意味する。）

Cは0.001%～0.20%とする。0.001%未満となると、Ar3変態点が上昇し熱間圧延時の温度確保が難しくなり、Ar3変態点が確保できない部分では材質が劣化するとともに、フェライトが粗大化し易くなり、フェライト粒界強度が低下し、疲労特性、低温靱性が劣化するため、0.001%を下限とする。スポット溶接性の観点から、その添加上限を0.20重量%とする。好ましくは0.10%以下とする。

【0010】Si、Mnはフェライトを強化し、疲労特性を向上させる作用を有する。特にSiは高い疲労特性の達成に有利な元素である。図1に示すように前記

（1）式を満たす範囲にて疲労限 $\geq 250$ （MPa）を達成することが可能となる。好ましくは疲労限 $\geq 300$

（MPa）を達成すべく、前記（1）式の右辺は102とすることが望ましい。Si、Mnの添加上下限は以下の通りである。

【0011】Siは0.5～5.0%とする。フェライト変態を促進し、フェライトを強化し、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比を低減するためにSiは多い方が好ましい。また、Siはセメンタイトの生成を抑制する作用があるため、 $T_{S\&D}/d_0$ の向上にも有益な元素である。ただし、5.0%を越えると熱間圧延時に割れが生じ易くなるため、5.0%を上限とする。0.5%未満では上記効果が低減するため、0.5%を下限とする。好ましくは1.0%を下限とする。さらに、 $Si \geq 1.0\%$ とすることにより、Siスケールを前面に発生させ、目立たなくする効果がある。

【0012】Mnは0.1～3.5%とする。0.1%未満となるとフェライトの粗大化を助長するとともに、Ar3変態点が上昇し熱間圧延時の温度確保が難しくなり、Ar3変態点が確保できない部分では材質が劣化するため、0.1%を下限とする。Mnが3.5%超となるとフェライト変態が著しく抑制され、フェライト占積率を50%以上得ることが困難となるため、Mnの添加上限は3.5%以下とする。好ましくは2.0%を上限とする。

【0013】Alは脱酸の観点から0.003%～0.06%とする。0.003%未満ではその効果が十分に発揮されず、0.06%超ではその効果が飽和する。ただし、AlはSiと同様にフェライト変態を促進し、フェライトを強化し、フェライトと第二相のマイクロビッカース硬さ比を低減する効果を有するため、Siの代替を目的に0.06%を越えて添加してもよい。

【0014】Pは2次加工性、靱性、スポット溶接性、リサイクルの観点から、上限量を0.05%とする。ただし、これらの要求が厳格でない場合は、Pの耐食性向上作用、Siと同様の効果（フェライト変態促進、フェライト強化等）を狙って、0.05%を越えて添加してもよい。また、美しい表面性状を得るという観点からは0.01%以上が好ましい。

【0015】Sは硫化物系介在物により、伸びフランジ性（穴抜け比）が劣化するのを防ぐため、その上限量を0.01%とする。好ましくは0.003%以下とする。

【0016】Caは硫化物系介在物の形状制御（球状化）により、穴抜け比をより向上させるために0.005%以上添加するが、効果の飽和さらには介在物の増加による逆効果（穴抜け比の劣化）の点からその上限を0.01%以下とする。また、REMも同様の理由からその添加量を0.005～0.05%とする。

【0017】Nbはマイクロ組織微細化に寄与し、優れた疲労限を発揮させるとともに、耐熱軟化性をより向上させる元素である。また、マイクロ組織微細化を通じ、低温

靱性改善に寄与する。その作用を十分に発揮させるための添加下限量は0.005%以上である。ただし、過度に添加しても上記効果は飽和し、かえって成形性を劣化させるため、0.015%が好ましい。

【0018】以上が本発明の主たる成分の添加理由であるが、強度確保、耐食性向上、細粒化を目的にTi, Cr, Cu, Ni, V, B, Moを1種または2種以上添加してもよい。ただし、その添加量が合計で0.2%を越えると本発明のマイクロ組織を得ることが困難となると\*

\*ともにコストが増大するため、上限を0.2%とする。

【0019】

【発明の実施の形態】

(実施例)表1に示す化学成分を有する銅片を用いて、表2に示す熱間仕上圧延、冷却、捲取処理を行い、銅板を得た。銅板のマイクロ組織を表3に、銅板の特性を表4に示す。

【0020】

【表1】

(wt%)

銅	C	Si	Mn	P	S	Al	Ca	REM	Nb	備 考
A	0.08	2.20	2.04	0.015	0.002	0.030	0.0035	-	0.013	本発明例
B	0.09	2.40	2.10	0.019	0.003	0.024	-	-	-	本発明例
C	0.10	3.10	2.54	0.011	0.002	0.033	-	0.02	0.013	本発明例
D	0.05	1.00	1.20	0.022	0.003	0.028	0.0040	-	-	本発明例
E	0.15	1.50	1.50	0.020	0.002	0.033	-	0.02	-	本発明例
F	0.09	2.01	1.02	0.012	0.003	0.027	-	-	0.010	本発明例
G	0.10	1.00	1.25	0.009	0.002	0.030	0.0030	-	-	比較例
H	0.10	2.20	2.04	0.015	0.002	0.031	0.0037	-	0.013	比較例
I	0.09	0.30	0.09	0.016	0.002	0.020	-	-	0.045	比較例
J	0.07	1.00	1.20	0.020	0.003	0.025	-	-	-	比較例
K	0.03	0.50	0.40	0.018	0.002	0.020	-	-	-	比較例

【0021】

【表2】

鋼	FT7 (°C)	CR °C/s	CT (°C)	加熱 温度 (°C)	FT0 (°C)	バー 厚 mm	仕上 厚 mm	V7 mpm	備 考
A	850	10	600	1150	1000	30	3.0	450	本発明例
B	880	20	585	1100	950	33	3.3	450	本発明例
C	850	20	600	1130	950	30	3.3	450	本発明例
D1	900	50	650	1150	1050	40	3.3	450	本発明例
D2	800	60	350	1155	930	60	3.0	500	本発明例
E	840	20	600	1050	950	33	3.3	450	本発明例
F	880	5	600	1140	950	50	6.0	300	本発明例
G	800	50	100	1120	950	40	3.5	400	比較例
H	865	50	150	1140	1000	28	3.0	450	比較例
I	870	50	500	1200	1000	30	2.6	750	比較例
J	840	30	500	1140	1040	35	1.8	700	比較例
K	870	20	600	1130	1070	33	4.0	400	比較例

FT7 : 仕上出側温度

FT0 : 仕上入側温度

CR : ホットランテーブルにおける冷却速度

CT : 巻取温度

V7 : 仕上圧延機出側通板速度

【0022】

【表3】

11

12

鋼	VF	V II	dF	d II	HF	H II	H II / HF	(1) 式の 左辺の値	第二相呼称	備 考
A	84	16	2.8	2.9	219	255	1.16	203	パーライト	本発明例
B	88	14	3.5	3.4	225	265	1.18	202	パーライト	本発明例
C	80	20	2.5	2.4	256	307	1.20	250	パーライト	本発明例
D1	93	7	5.5	3.5	166	191	1.15	119	パーライト	本発明例
D2	92	8	3.5	2.5	165	235	1.42	134	ベイナイト	本発明例
E	70	30	3.1	3.0	189	225	1.19	163	パーライト	本発明例
F	85	15	3.3	3.0	193	226	1.17	173	パーライト	本発明例
G	87	19	5.8	3.6	160	400	2.50	118	マルテンサイト	比較例
H	79	21	2.7	2.9	230	482	2.10	204	マルテンサイト	比較例
I	49	51	3.3	2.9	180	230	1.28	119	ベイナイト	比較例
J	40	60	5.2	3.3	160	200	1.25	105	ベイナイト	比較例
K	95	5	35	3.0	120	175	1.46	50	パーライト	比較例

フェライト占積率: VF (%), 第二相占積率: V II (%)

フェライト粒径: dF ( $\mu\text{m}$ ), 第二相粒径: d II ( $\mu\text{m}$ )

フェライト硬さ: HF, 第二硬さ: H II

【0023】

【表4】

鋼	TS	YR	T.EI	U.EI	L.EI	TS $\times$ d/d0	TS $\times$ T.EI	TS $\times$ U.EI	FS	F	$\Delta$ TS	備 考
A	674	80	32	21	11	944	21568	14154	401	0.59	25	本発明例
B	670	79	33	22	11	1005	22110	14740	400	0.60	30	本発明例
C	782	81	27	17	10	1017	21114	13294	448	0.57	35	本発明例
D1	490	80	41	28	13	980	20090	13720	307	0.63	15	本発明例
D2	565	70	35	24	11	900	19775	13560	325	0.58	55	本発明例
E	572	80	37	26	11	972	21164	14872	351	0.61	35	本発明例
F	583	79	37	27	10	1067	21941	18011	351	0.59	20	本発明例
G	650	85	30	20	10	877	19500	13000	316	0.49	170	比較例
H	800	71	26	16	10	890	20800	12800	390	0.49	180	比較例
I	550	90	25	13	12	800	13750	7150	270	0.49	5	比較例
J	600	83	29	19	10	900	17400	11400	290	0.48	70	比較例
K	400	70	45	30	15	900	18000	12000	248	0.62	50	比較例

引張強さ: TS (MPa), 降伏比: YR (引張強さ/降伏強さ),

全伸び: T.EI (%), 均一伸び: ( %), 局部伸び: L.EI (%),

欠延び比: d/d0 (%),

疲労限度比: F (疲労限/引張強さ), 疲労限: FS (MPa),

熱軟化量:  $\Delta$  TS (MPa)

本発明例がA鋼～F鋼である。比較例がG鋼～K鋼であ 50 る。実使用を想定した場合、鋼板が満たすべき特性値と

して、成形性では張出性、伸びフランジ性の観点から、 $TS \times T.E1$  (強度・全伸びバランス)  $\geq 1800$ 、 $TS \times U.E1$  (強度・均一伸びバランス)  $\geq 12000$ 、 $TS \times d/d0$  (穴上げ比)  $\geq 900$ 、疲労特性では疲労限度比  $\geq 0.50$ 、疲労限  $\geq 250$  (MPa)、耐熱軟化性では  $\Delta TS \leq 55$  (MPa) が必要である。また、好ましくは形状凍結性の観点から YR (降伏比)  $< 90\%$ 、低温靱性として遷移温度  $\leq -40^\circ\text{C}$  が望まれる。

【0024】本発明例では成形性、疲労特性及び耐熱軟化性の3つの特性を同時に満足する鋼板が得られており、低温靱性、降伏比も遷移温度  $\leq -40^\circ\text{C}$ 、YR (降伏比)  $< 90\%$  と良好であった。さらに本発明例ではランアウトテーブルでの急冷や低温捲取を行う必要がないため、コイル長手方向および幅方向の材質バラツキも小さい。一方、比較例では成形性、疲労特性及び耐熱軟化性の少なくとも一つ以上が未達成である。比較例G、比較例Hはマイクロビッカース硬さ比が本発明の範囲を外れているため、第二相の悪影響が大きくなり、強度・穴上げ比バランス、疲労限度比、耐熱軟化性が劣化している。比較例IはSi添加量とNb添加量が本発明の範囲をはずれており、フェライト変態が不十分となり、成形性 (強度・全伸びバランス、強度・均一伸びバランス、強度・穴上げ比バランス) と疲労限度比が劣化している。比較例Jはフェライト占積率が本発明の範囲をはずれているため第二相の悪影響が大きくなり、強度・穴上げ比バランス、強度・全伸びバランス、疲労限度比、耐熱軟化性が劣化している。比較例Kは(1)式左辺の値が本発明の範囲をはずれているため、疲労限が劣化している。

【0025】ミクロ組織は以下の方法で評価した。

【0026】粒径及び占積率はナイタル試薬及び特開昭59-219473号に開示された試薬により鋼板圧

延方向断面を腐食し、倍率1000倍の光学顕微鏡写真より求めた。硬さはマイクロビッカース試験により求めた。

【0027】特性評価は以下の方法で実施した。

【0028】引張試験をJIS5号にて実施し、引張強度(TS)、降伏比=降伏強度/引張強度 $\times 100$ 、全伸び(T.EL)、均一伸び(U.EL)、局部伸び(L.EL)を求めた。均一伸びは最高荷重点までの伸び、局部伸びは全伸びから均一伸びを減じたものである。

【0029】穴上げ試験は20mmの打ち抜き穴をバリのない面から30度円錐ポンチで押し広げ、クラックが板厚を貫通した時点での穴径(d)と初期穴径(d0、20mm)との穴上げ比( $d/d0$ )を求めた。

【0030】疲労特性は両振り平面曲げ疲労試験により疲労限(FS)=500万回疲労強度、疲労限度比(F)=FS/TSを求めた。

【0031】耐熱軟化性は鋼板をソルトバスで熱処理( $700^\circ\text{C} \times 5$ 分保持後放冷)し、処理前後の引張強度(TS)の変化代 $\Delta TS = \text{熱処理前TS} - \text{熱処理後TS}$ を求めた。

【0032】低温靱性は2mmVノッチの1/4サブサイズ試験片で実施し、脆性破面率が50%となる破面遷移温度(vTrs)を求めた。

【0033】

【発明の効果】本発明により従来にない複合特性を合わせ持つ熱延高強度鋼板、すなわち、成形性、疲労特性及び耐熱軟化性の3つの特性を同時に満足する熱延高強度鋼板を低コスト且つ安定的に提供することが可能となったため、熱延高強度鋼板の使用用途、使用条件が格段に広がり、工業上、経済上の効果は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】式の値と疲労限との関係を示す図である。



【図1】

